

UJI PARAMETER TEMPERATUR DAN TEKANAN VAKUM TERHADAP YIELD CANGKANG KEMIRI PADA PROSES PIROLISIS

Abdul Rahman^{1,*}, Fauzan¹ dan Eddy Kurniawan²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh Lhokseumawe
Jalan Cot Tengku Nie, Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh Lhokseumawe
Jalan Cot Tengku Nie, Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Indonesia

*Email: rahman_muis@yahoo.com

ABSTRAK

Paper ini menjelaskan hasil penelitian *bio-oil* dari proses pirolisis biomassa cangkang kemiri pada sistem pirolisis vakum. Temperatur dan tekanan vakum digunakan sebagai parameter input untuk mengetahui *yields* cangkang kemiri. Penelitian ini menggunakan reaktor pirolisis *fast fixed bed* dengan menambahkan pipa di dalam reaktor untuk mengalirkan udara panas. Pipa api ini dimaksudkan untuk menambah luasan permukaan yang bersentuhan dengan biomassa sehingga diharapkan panas yang diterima dapat lebih merata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada temperatur 400 °C, tekanan -20 kPa, laju panas tetap pada 15 °C/menit dan waktu penahanan selama 60 menit, *yield bio-oil* adalah 43.04%. Pengujian dengan kalorimeter diperoleh nilai kalor asap cair sebesar 29.42 MJ/kg. Nilai tersebut memperlihatkan hasil yang lebih tinggi dari beberapa jenis biomassa lainnya. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan terdapat pengaruh signifikan secara simultan antara temperatur dan tekanan terhadap nilai properti *yield* cangkang kemiri. Sebaliknya secara parsial pengaruh temperatur sangat dominan dibandingkan tekanan terhadap *yield* asap cair.

Kata kunci : Pirolisis, Cangkang kemiri, Vakum, *Yield*

1. PENDAHULUAN

Menemukan sumber energi alternatif selain bahan bakar fosil mendesak untuk dilakukan seiring dengan semakin berkurangnya cadangan minyak dan meningkatnya permintaan energi, untuk otomotif, bahan baku untuk industri kimia dll. Biomassa *lignoselulosa* adalah satu-satu sumber terbarukan yang dapat dikonversikan menjadi bentuk bahan bakar cair, padat, dan gas, selain panas dan listrik, tanpa menimbulkan efek emisi CO₂ [1]. Pada tahun 2100, populasi dunia diperkirakan akan lebih dari 12 miliar dan diperkirakan permintaan energi akan meningkat lima kali permintaan saat ini [2]. Dalam keadaan seperti itu, manusia harus mendapatkan sumber-sumber energi baru untuk kelangsungan hidupnya yang bisa memenuhi kebutuhan energi di masa depan.

Pengalihan kepada energi terbarukan untuk kebutuhan manusia dengan berbagai macam bentuknya telah menjadi perhatian para peneliti dan ilmuwan di banyak negara. Sumber energi dari proses pirolisis dipandang lebih menarik diantara berbagai proses termo-kimia karena kesederhanaan dan kemampuan yang tinggi dalam mengkonversi biomassa dan limbah padat menjadi produk cair.

Pirolisis merupakan salah satu teknologi dengan perspektif industri terbaik karena kondisi proses dapat dioptimalkan untuk memaksimalkan hasil dari gas, cairan, atau arang [3]. Pirolisis biomassa dapat dibagi kedalam beberapa tipe sesuai dengan kondisi reaksinya [4], seperti pirolisis konvensional (*conventional pyrolysis*), pirolisis cepat (*fast pyrolysis*) dan pirolisis vakum

(*vacuum pyrolysis*). Pirolisis vakum menarik perhatian banyak peneliti lokal dan luar, karena konsumsi energi yang relatif rendah dan *yield bio-oil* yang tinggi [5,6]. *Yield bio-oil* dan rasio transformasi energi dipengaruhi oleh sistem pirolisis dan properti raw material (biomassa) [7].

Penelitian ini mencoba mengangkat proses pirolisis dengan sistem vakum terhadap limbah cangkang kemiri sehingga dapat mengetahui *yield* asap cair dan properti yang terkandung di dalamnya.

2. MATERIAL DAN METODE

Cangkang buah kemiri diperoleh dari perkebunan kemiri yang banyak terdapat di sekitar Lhokseumawe. Cangkang kemiri yang digunakan sudah dikeringkan hingga kandungan air sekitar 5%. Ukuran

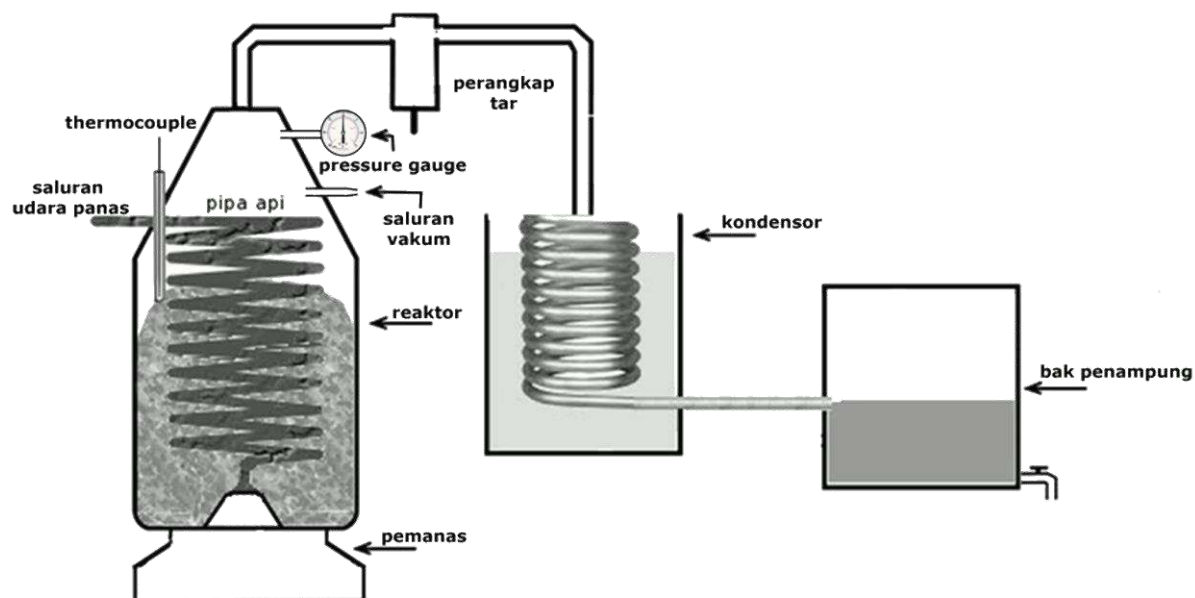
cangkang kemiri rata-rata 0,5 cm dan memiliki nilai kalori 20.20 MJ/kg. Properti cangkang kemiri diperlihatkan pada tabel 1.

Cangkang kemiri dimasukkan ke dalam reaktor *fixed bed* sebanyak 5 kg. Bagian utama dari sistem pirolisis yaitu reaktor, perangkat tar dan kondensor menggunakan fluida air. Tinggi reaktor 50 cm dan diameter 40 cm. Gambar skematik dari sistem pirolisis dapat dilihat pada gambar 1.

Proses pemanasan reaktor menggunakan bahan bakar gas LPG dimana variasi temperatur yang dipilih adalah 300, 350, 400 dan 450 °C diukur menggunakan thermocouple. Tekanan negatif (vakum) tabung divariasikan pada 20, 35, 50 dan 65 kPa.

Tabel 1. Data properti cangkang kemiri [8]

Kelembaban	Minyak	Karbohidrat	Abu	Serat
5-10%	7-10%	10-20%	55-65%	1-2%



Gambar 1. Skema proses pirolisis

Pemanasan dilakukan terhadap reaktor dengan laju 15 °C/menit hingga temperatur konstan yang ditetapkan tercapai. Kombinasi parameter input dilakukan menggunakan disain eksperimen orthogonal L₁₆ (2⁴).

Asap hasil yang terbentuk didalam reaktor diarahkan melewati perangkat tar yang terdapat diantara reaktor dan kondensor. Selanjutnya uap dengan densitas yang lebih besar akan terperangkap pada perangkat tar secara gravitasi. Sementara itu gas dengan densitas yang lebih ringan akan memasuki kondensor. Kondensor yang digunakan berupa drum berdiameter 0,5 meter, tinggi 1,5 meter dimana terdapat pipa dengan diameter 2 cm yang dibentuk spiral dengan panjang lintasan 4 meter. Aliran gas dalam kondensor diarahkan mengalir dari bagian atas kebawah. Sebagai media pendinginan digunakan air es yang di jaga konstan pada temperatur dibawah 10 °C. Pada bagian ini kondensasi terjadi dan secara gravitasi kondensat akan masuk kedalam bak penampungan yang ditempatkan pada bagian bawah kondensor.

Tabel 2. Variables Uji dan Level

Level	X1 (°C)	X2 (kPa)
1	300	20
2	350	35
3	400	50
4	450	65

Sampel yang dimasukkan kedalam reaktor setiap percobaan adalah 5 kg. Produk yang diperoleh berupa padatan arang , cairan dan gas ditimbang untuk mendapatkan *yield* masing-masing produk. Persamaan *yield* cair digunakan adalah sbb:

$$yield = \frac{Mc}{Mb} \times 100\% \quad 1)$$

dimana:

Mc = Massa produk cair (kg)

Mb = Massa biomassa (kg)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses pirolisis berupa asap cair diperoleh dengan mengkombinasikan variasi

temperature dan tekanan vakum seperti pada table 3. Pengaruh kenaikan temperatur dan tekanan dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 sesuai dengan data dari table 3. Pada temperature 300 hingga 450 °C dengan tekanan vakum 20, 35, 50 dan 65 kPa, terlihat kenaikan nilai yield asap cair.

Penelitian ini menggunakan disain orthogonal dengan jumlah 16 pengujian sebagaimana diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3: Hasil pengujian

No	X ₁	X ₂	Y
1.	1	1	40.04
2.	1	2	36.61
3.	1	3	32.24
4.	1	4	28.40
5.	2	1	42.30
6.	2	2	40.98
7.	2	3	33.95
8.	2	4	29.04
9.	3	1	43.04
10.	3	2	39.52
11.	3	3	41.04
12.	3	4	38.47
13.	4	1	34.49
14.	4	2	37.67
15.	4	3	35.96
16.	4	4	30.23

dimana:

X₁ : Temperatur

X₂ : Tekanan

Y : Yield Bio oil (%)

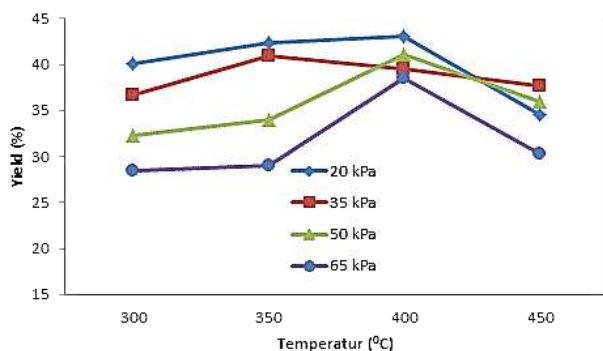
Pengujian secara statistik dilakukan dengan analisa regresi berganda menggunakan excel terhadap data hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh parameter input terhadap outputnya. Informasi yang diperoleh dari analisis statistik adalah Adjusted R Square = 0.87 yang menunjukkan adanya korelasi yang erat antar variabel bebas dan terikat.

Derajat bebas (db) total adalah k = n-1 = 15 dan db bebas regresi k – 2 = 13. Dengan tingkat keyakinan 95% nilai F hitung = 128.73 > dari F tabel = 2.448. Nilai t hitung untuk temperatur = 5.83 > dari nilai t tabel = 1.77. Sedangkan nilai t hitung untuk tekanan = 0.49 < dari nilai t tabel = 1.77.

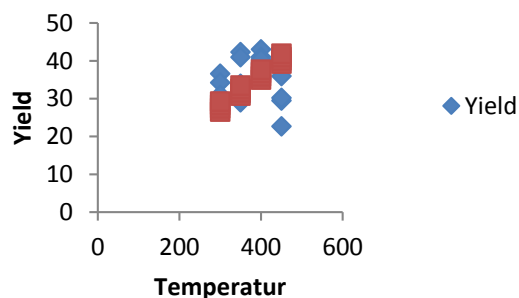
Hubungan secara parsial antar variabel diperlihatkan pada gambar 3 dan 4. Dari perhitungan regresi berganda diperoleh persamaan sbb:

$$yield = 0.085 X1 + 0.059 X2$$

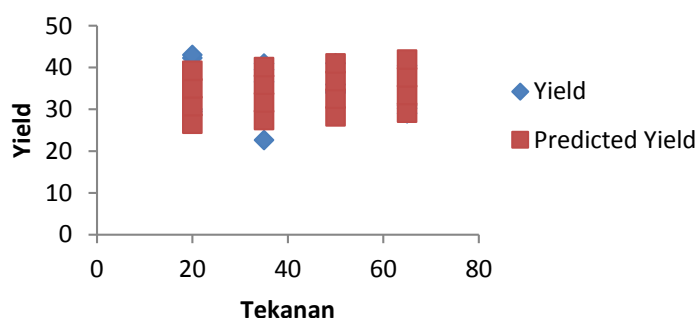
2)



Gambar 2. Pengaruh temperature dan tekanan terhadap yield bio oil



Gambar 3. Hubungan variabel temperatur dengan *yield* dan prediksi *yield*



Gambar 4. Hubungan variabel tekanan dengan *yield* dan prediksi *yield*

Berdasarkan pengujian terhadap kandungan energi dari bio-oil diperoleh nilai 29.42 MJ/kg., berat jenis 1100 kg/m³, titik nyala 150 °C. dan viskositas minyak 64.7 cSt pada 30 °C. Tabel 4 memperlihatkan properti beberapa produk pirolisis biomassa.

Tabel 4. Perbandingan dengan biomassa lainnya

Analisa	Minyak ampas tebu [9]	Minyak rami [9]
Viskositas		
Kinetik pada 30°C (cSt)	89.34	12.8
Densitas (kg/m ³)	1198	1224
Titik Nyala (°C)	105	>70
HHV (MJ/kg)	20.072	21.091

4. KESIMPULAN

Dari penelitian dengan menggunakan disain eksperimen orthogonal proses pirolisis cangkang kemiri dengan sistem vakum maka dapat disimpulkan sbb:

(1) *Yield bio oil* dan nilai rasio konversi energi cenderung meningkat hingga mencapai temperatur 400 °C dimana *yield* tertinggi diperoleh pada tekanan 20 kPa.

(2) Dengan melihat nilai F hitung (128.73) > F tabel (2.44) pada taraf 5%, temperatur dan tekanan secara simultan mempengaruhi *yield*.

(3) Nilai t hitung untuk temperatur (5.83) > t tabel (1.77) dan nilai t hitung untuk tekanan (0.49) < dari nilai t tabel maka temperatur secara parsial mempengaruhi *yield* sedangkan tekanan secara parsial tidak mempengaruhi *yield*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maider, Lopez, Aguado, Artetxe, Bilbao, and Olazar, Effect of Vacuum on Lignocellulosic Biomass Flash Pyrolysis in a Conical Spouted Bed Reactor, ACS Publication, Energy Fuels 2011, 25, pp 3950–3960
- [2] Marshall, T, A., Morris, J. M., A Watery Solution and Sustainable Energy Parks, CIWM Journal (2006) 22-23.
- [3] Bridgwater, A. V., Biomass Bioenergy 2011, DOI: 10.1016/j. biombioe. 2011.01.048.
- [4] Liu Guang-Qing, Dong Ren-Jie, Li Xiu-Jin, Biomass energy conversion technologies, Chemical Industry Press, Beijing, 2009
- [5] Wang Lian, Xiao Guo-Ming, Liu Nan, Southeast University Vol.41 (2011), p.804.
- [6] Willem A.de Jongh, Marion Carrier, J.H.Knoetze, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Vol.92 (2011), p.184.
- [7] Zheng Ji-lu, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Vol.80 (2007), p.30.
- [8] Morton, Julia F., Miami FL, Fruits of Warm Climates, Chapter-Date, (1987).pp 5-11.
- [9] Islam, M.R, Nabi, M.N., and Islam, M.N., ,Characterization of Biomass Solid Waste for Liquid Fuel Production, 4th International Conference on Mechanical Engineering (ICME 2001), Bangladesh 2001, PP 77-82.